

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЯМОГО ПОСЕВА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА И АЗОТА ВО ФРАКЦИЯХ АГРЕГАТОВ ЧЕРНОЗЕМОВ ТИПИЧНЫХ, ОБЫКНОВЕННЫХ И ЮЖНЫХ

© 2021 г. В. А. Холодов^{а, *}, В. П. Белобров^а, Н. В. Ярославцева^а, М. А. Яшин^а,
С. А. Юдин^а, Н. Р. Ермолаев^а, В. К. Дридигер^б, Б. С. Ильин^с, В. И. Лазарев^с

^аПочвенный институт им. В.В. Докучаева, Пыжжевский пер., 7, стр. 2, Москва, 119017 Россия

^бСеверо-Кавказский федеральный научный центр, ул. Никонова, 49, Михайловск,
Шпаковский район, Ставропольский край, 356241 Россия

^сКурский федеральный научный центр, п. Черемушки, 10, Курский район, Курская область, 305526 Россия

*e-mail: vkholod@mail.ru

Поступила в редакцию 10.03.2020 г.

После доработки 15.04.2020 г.

Принята к публикации 27.05.2020 г.

Проведена оценка особенностей накопления и распределения органического углерода и азота в агрегатах типичных, обыкновенных и южных черноземов при переходе от традиционной обработки почвы к прямому посеву. В структурных отдельностях размерных фракций >10, 10–2, 2–1, 1–0.25 и <0.25 мм определено содержание органического углерода и азота. Все три подтипа черноземов значительно отличались друг от друга по содержанию органического углерода. Во всех вариантах с прямым посевом оно было значительно больше по сравнению с контролем (пахотным черноземом). Содержание азота значительно не отличалось в прямом посеве и контроле к нему. При этом во всех вариантах с прямым посевом в отличие от пахотных содержание азота значительно зависело от размеров агрегатов. В типичных черноземах при прямом посеве наблюдалось большее содержание азота во всех агрономически ценных агрегатах (0.25–10 мм), в обыкновенных черноземах во фракциях 2–0.25 мм, а в южных во фракциях <0.25 и 2–1 мм. Кроме того, для обыкновенного чернозема варианта прямого посева обнаружена зависимость содержания углерода от размеров агрегатов. Введение прямого посева существенно изменяет особенности трансформации органического вещества и биологическую активность в черноземах.

Ключевые слова: структура почв, органическое вещество почв, нулевая обработка, no-till, восстановление почв, восстановление запасов углерода, Chernozems

DOI: 10.31857/S0032180X21020076

ВВЕДЕНИЕ

Тренды развития сельского хозяйства и требования охраны окружающей среды в настоящее время способствуют широкому внедрению почвосберегающих технологий. Развиваются и совершенствуются способы возделывания культур при минимальной обработке почвы. Одним из наиболее перспективных и распространенных в мировой практике подходов является полный отказ от обработки почвы, когда производится только посев специальной сеялкой с внесением необходимых питательных веществ и средств защиты растений. При этом сев проводится по стерне и мульчирующему слою предшествующей культуры в борозды или ленты [5, 6, 8, 26]. Метод известен под терминами: нулевая обработка почвы, система no-till, прямой посев (ПП) — и позволяет не только получать адекватную продуктивность почвы, но и со-

хранять, а в некоторых случаях и повышать показатели почвенного плодородия [10, 24].

Если следствием традиционной обработки почвы в интенсивном земледелии из-за ухудшения структурного состояния (в первую очередь разрушения агрономически ценных агрегатов) является потеря органического вещества (ОВ) [9, 14], то при использовании системы ПП, когда почва не подвергается механической обработке, вышеописанные негативные явления маловероятны. Кроме того, стерня и отсутствие разрушения сложения почвы способствуют накоплению влаги в поверхностном слое, что уменьшает зависимость урожайности культур от погодных условий, препятствует процессам эрозии [3, 5].

Таким образом, в настоящее время технология ПП является перспективной заменой традиционным системам обработки почвы. При внедрении

технологии ПП возникает ряд нерешенных вопросов. В отличие от традиционных систем система ПП изучена слабо. В научной литературе мало данных о процессах структурообразования, динамике ОВ и его качественных характеристиках, о местах локализации ОВ в почвах обрабатываемых по этой системе [1, 3].

Например, растительные остатки обладают полифункциональными свойствами, оказывая действие на биологические, химические и физические свойства почвы, а также являясь источником элементов питания, служат энергетической основой функционирования микробиоценозов, осуществляющих минерализацию и иммобилизацию соединений азота [8]. Постоянное наличие на поверхности почвы слоя мульчи неизбежно будет влиять на трансформацию отмершего растительного вещества. Например, мульчирующий слой уменьшает потери влаги из почвы и понижает температуру поверхностного слоя. Кроме того, отсутствие стимуляции активности почвенных аэробов за счет обработки почвы приводит к меньшей минерализации соединений углерода и азота. С другой стороны, большое количество свежего опада, наоборот может увеличить биологическую активность других групп организмов и способствовать разложению устойчивых органических веществ – “эффект заправки” [8]. Поэтому экспериментальные данные о влиянии технологии ПП на содержание углерода и азота актуальны в настоящее время.

Содержание ОВ в гумусовых горизонтах тесно взаимосвязано со структурным состоянием почвы. ОВ формирует устойчивые агрегаты – основные иерархические единицы структуры на уровне горизонта. Почвенные агрегаты защищают ОВ от разложения и способствуют его сохранению [7, 12, 16, 19, 20, 25–27].

Если в мировой научной литературе содержатся указания, что введение ПП способствует накоплению ОВ и улучшает структурные характеристики [26], то для почв России таких работ очень мало. Вероятно, это связано с недавним внедрением технологии в практику [3]. Особенно остро недостаток данных ощущается для старопашотных черноземов России, на которых в последнее десятилетие активно внедряется ПП [8].

При переходе на ПП в агроценозе убирают обработки, соответственно перестают регулярно разрушаться агрегаты, при этом должны активно реализовываться восстановительные процессы. Для подтверждения этого предположения и понимания механизмов преобразования (восстановления) ОВ на уровне структурных отдельностей перспективно проводить сравнительную оценку содержания ОВ для фракций разного размера. Ранее показано, что распределение агрегатов по размерам зависит от вида землепользования [19]. Резонно предположить, что при смене технологий изменится и рас-

пределение агрегатов и, совместно с ним не может не измениться и ОВ в структурных отдельностях. Возможно, что скорость изменения распределения агрегатов и ОВ будет разной.

Известно, что содержание углерода в воздушно-сухих агрегатах (естественного сложения) не зависит от их размера. [17]. Однако, учитывая, что распределение агрегатов по размерам зависит от вида использования почвы [19], а содержание углерода в них – от землепользования [25], следовательно, можно обнаружить связь между размерами агрегатов естественного сложения и содержанием в них углерода.

В связи с этим для понимания процессов структурообразования в агрегатах при переходе на ПП перспективно изучить распределение ОВ по структурным отдельностям. Для изучения распределения ОВ наиболее простой и информативный способ – оценка распределений органического углерода и азота.

Цель работы – оценка особенностей накопления и распределения органического углерода и азота в структурных отдельностях типичных, обыкновенных и южных черноземов при переходе их от традиционной обработки к прямому посеву.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В работе использовали полевые опыты с ПП длительностью 4, 5 и 12 лет. Отбор образцов проводили в 2017 г.

Образцы типичных черноземов, *Na_{np}lic Chernozems (Loamic, Aric, Pachic)* [11, 23] отобрали на полевом стационаре ФГБНУ “Курский ФАНЦ” (п. Черемушки, Курского района, 51°37'46" N; 36°15'40" E). В 2013 г. здесь заложен научно-полевой опыт [21] в четырехпольном зерновом севообороте (озимая пшеница, кукуруза, ячмень и горох). На поле площадью 2.4 га изучали влияние четырех систем обработки (вспашки, комбинированной обработки, минимальной – поверхностной обработки, без обработки – ПП) на делянках размером 60 × 100 м. Отбирали образцы варианта ПП, в качестве контроля к нему использовали вариант со вспашкой.

Образцы чернозема обыкновенного *Endocalcic Chernozem (Loamic, Aric, Pachic)* [11, 23] отобрали на опытном поле стационара ФГБНУ “Северо-Кавказского ФНАЦ”, расположенного в Шпаковском районе Ставропольского края (45°07'34.9" N; 42°03'24.0" E). Полевой опыт площадью 2 га и размером делянок 50 × 18 м направлен на оценку влияния технологии ПП в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края на агрофизические свойства черноземов обыкновенных и продуктивность полевых культур в севообороте: соя, озимая пшеница, подсолнечник и кукуруза

[6]. Опыт заложен в 2012 г. В работе использовали вариант с ПП и контроль к нему (вспашку).

Образцы чернозема южного Calcic Chernozem (Loamic, Aric) [11, 23] были получены на производственных полях территории ООО “Урожайное” (45°09′04.8″ N; 42°03′25.2″ E) Ипатовского района Ставропольского края, где в течение 12 лет успешно используется система ПП [5]. В качестве контроля служили образцы почв рядом расположенного поля, где используют традиционную интенсивную систему обработки. На основе анализа рельефа можно сделать заключение о близости гидрологических, тепловых режимов и общности подстилающей породы.

Отбор образцов осуществляли как описано в [18]. Образцы брали в пяти точках: в центре (где с помощью GPS определяли координаты), и в четырех точках в радиусе 5 м от центра со сдвигом на 90° для каждой точки относительно предыдущей (метод конверта). В качестве образца использовали полный объем, занимаемый почвой примерно 15 × 15 × 25 см, массой около 5 кг, глубина отбора 0–15 см. Такой подход позволяет избежать потерь и искусственного перераспределения размерных фракций агрегатов. Далее образцы высушивали до воздушно-сухого состояния.

Ранее на основе анализа структуры типичных черноземов многолетних опытов показано [19], что достаточно использовать пять размерных классов структурных отдельностей, которые поразному отзываются на вид использования почв: >10, 10–2, 2–1, 1–0.25 и <0.25 мм. Внутри названных размерных фракций структурные отдельности практически не отличаются друг от друга. Эти классы были выделены сухим просеиванием по методу Саввинова [4] и использованы для определения в них углерода и азота. Все работы выполняли в трех повторностях.

Анализ на содержание общего углерода и азота в структурных отдельностях черноземов проводили методом сухого сжигания в токе кислорода на автоматическом анализаторе Vario Macro CN [22]. Количество органического углерода рассчитывали по разнице между общим углеродом и карбонатным.

Количественное определение карбонатов в образцах почвы проводили по методу Козловского, при положительной реакции на карбонаты: проба с HCl или рН водной вытяжки >7 [13, 15]. В пахотных горизонтах эти соединения были обнаружены только в образцах южных черноземов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Распределение органического углерода в черноземах с применением ПП и контролю к ним показано на рис. 1. В целом в типичных черноземах содержание органического углерода было за-

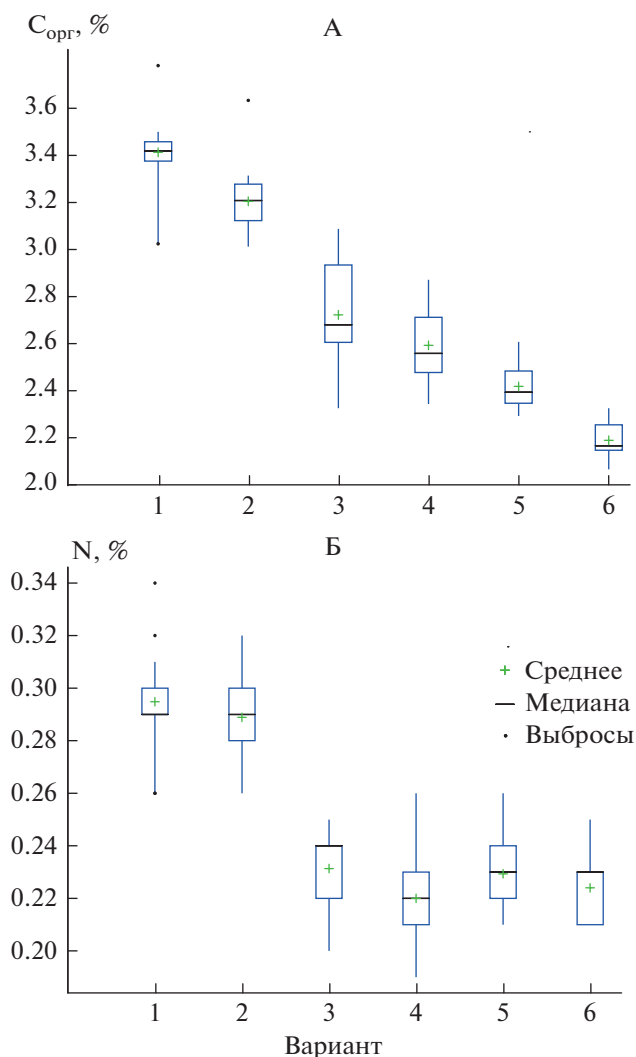


Рис. 1. Распределение (максимум, минимум, квартили, среднее и медиана) $C_{орг}$ (А) и N (Б) в черноземах под ПП и вспашкой; варианты: 1 – типичный чернозем, ПП, 2 – типичный чернозем, вспашка, 3 – обыкновенный чернозем, ПП, 4 – обыкновенный чернозем, вспашка, 5 – южный чернозем, ПП, 6 – южный чернозем, вспашка.

кономерно больше по сравнению с обыкновенными черноземами, наименьшее отмечено в южных черноземах. Среднее по выборке содержание углерода в типичных черноземах составило 3.8%, обыкновенных – 2.7%, южных – 2.6%.

Содержание органического углерода значительно зависело от вида использования черноземов (однофакторный дисперсионный анализ при $\alpha = 0.05$). В вариантах ПП оно было значительно больше контроля для всех рассматриваемых почв. Так, для типичного чернозема содержание углерода для варианта ПП составило 3.4%, а для контрольного варианта 3.2%, в черноземах типичных 2.72 и 2.59%, а в черноземах южных 2.66 и 2.65% соответственно.

Распределение азота в черноземах с применением ПП и контролю к ним на показано на рис. 1, Б. В целом содержание азота было значимо больше в типичных черноземах (0.26–0.34%), чем в обыкновенных и южных (0.21–0.26%). Между собой два последних подтипа по уровню азота значимо не отличались. Кроме того, однофакторный дисперсионный анализ, проведенный отдельно для каждого подтипа чернозема, в котором фактором была агротехнология (ПП или контроль), не выявил значимых различий в рассматриваемом показателе. Таким образом, в отличие от органического углерода количество азота в агроценозе при введении ПП не изменилось.

Для выяснения особенностей распределения органического углерода и азота между структурными отдельностями в зависимости от размера последних значимость этой взаимосвязи оценивали дисперсионным анализом, если она обнаруживалась, то полученные данные анализировали более подробно.

Содержание углерода или азота в группах рассматривали как зависимую переменную, принадлежность к размерной группе – как фактор для дисперсионного анализа. Показано, что только в одном варианте ПП на обыкновенных черноземах наблюдается значимая (при $\alpha = 0.05$) зависимость содержания углерода от размера агрегатов. При этом содержание азота значимо (при $\alpha = 0.05$) зависит от размера структурных отдельностей во всех черноземах, где применяли ПП.

Распределения углерода и азота, которые зависят от размеров структурных отдельностей, приводятся на рис. 2. В обыкновенном черноземе под ПП максимальное содержание углерода было в агрегатах 2–1 и 1–0.25 мм (2.9%), что существенно превышало показатели для других структурных отдельностей этого варианта (2.5–2.6%). В то же время контрольный вариант к этому опыту – аналогичный севооборот с традиционной интенсивной технологией возделывания – не только не демонстрировал отличия в концентрации углерода в структурных отдельностях, но и в целом в его содержание было значимо меньшим. Отсюда следует важный вывод, что технология ПП способствует накоплению углерода в черноземах. Этот процесс идет более интенсивно во фракциях мелких агрегатах 1–0.25 и 2–1 мм. Следует отметить, что подобного не отмечено в опытном варианте ПП на типичных и южных черноземах. В этих вариантах не выявлено зависимости содержания углерода от его принадлежности к размерной фракции структурных отдельностей. Но при этом содержание углерода в этих вариантах было значимо больше, чем в контрольных пахотных образцах. Невыраженность различий в содержании углерода ПП на типичных черноземах, возможно, следует объяснить меньшим временем

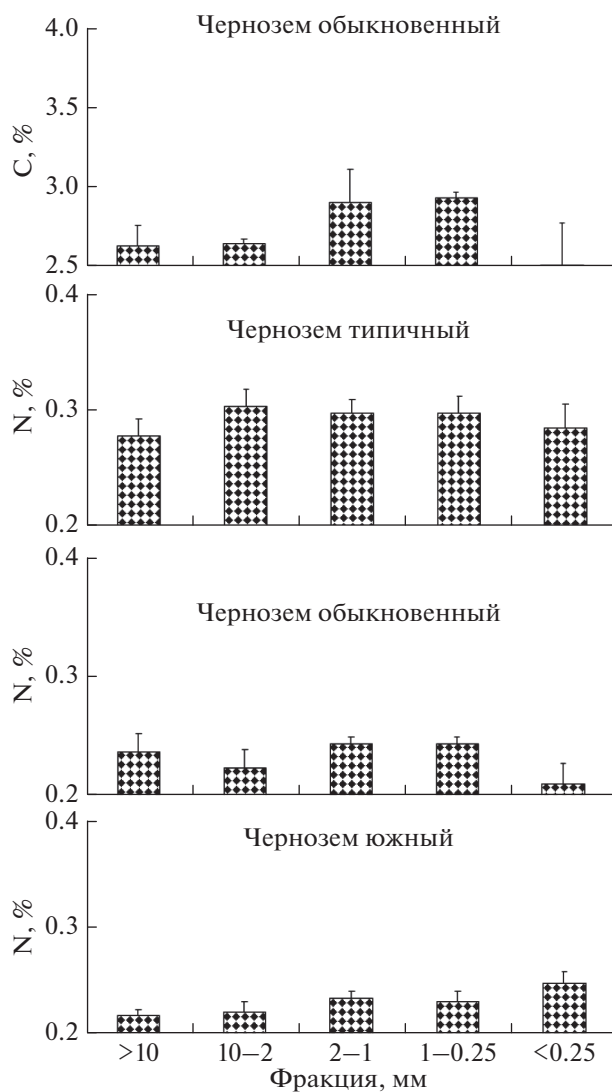


Рис. 2. Распределение органического углерода и азота в структурных отдельностях разных размеров в черноземах под ПП.

опыта. в Курской области опыт на момент отбора образцов велся 4 года, а в Ставрополе – 5 лет. Видимо, за это время ПП способствовал дивергенции свойств почвенных агрегатов. Другое возможное объяснение: типичным черноземам, как подтипу, характерно большее содержание углерода, чем в обыкновенных, возможно, ему требуется больше времени накопления, чтобы различия в агрегатах стали заметны.

В южном черноземе много карбонатов, связанных с кальцием. Вероятно, в этом подтипе почв зависимость трансформации ОВ больше определяется этим элементом, чем размером структурных отдельностей. Это предположение хорошо согласуется с ранее полученными данными [2].

Как уже указывалось, все варианты с ПП демонстрировали статистически значимые разли-

чия в содержании азота в структурных отдельностях разных размеров. При этом в контрольных вариантах подобной зависимости не наблюдали. Вероятно, при переходе на ПП, агрегаты перестают разрушаться из-за обработки, их размеры сохраняются. В связи с этим внутри агрегатов возникают градиенты биогенных факторов, например, анаэробные микрзоны. Различие условий должно способствовать увеличению разнообразия микробного сообщества в отдельно взятом агрегате, и, как следствие этого, увеличение путей трансформации ОВ. В первую очередь это будет отражаться на различиях в содержании азота в зависимости от размеров фракций.

Вариант ПП в типичном черноземе не демонстрировал зависимости содержания углерода от размера агрегатов. Более того, по содержанию азота он не отличался от контрольного варианта. При этом на фоне низкого варьирования во всех агрегатах содержание азота было значимо больше, чем в глыбах >10 мм и частицах <0.25 мм. Следует отметить тенденцию увеличения содержания азота с ростом размера агрегата. Ничего подобного в контрольном варианте не выявлено. За четыре года внедрение ПП инициировало перераспределение на уровне структуры микробной активности, что выражается в неоднородности педов по содержанию азота и способствует накоплению ОВ (увеличению содержания углерода по сравнению с контролем).

Эти предположения подтверждаются опытом с обыкновенным черноземом, где пики максимумов содержания азота наблюдаются в тех же фракциях, что для углерода (2–1 и 1–0.25 мм). Следовательно, места накопления углерода совпадают с местами локализации азота и, вероятно, биологической активности, направленной на трансформацию ОВ и благоприятствующей его накоплению. Так как содержание азота можно связать с микробной деятельностью, то и расхождения в количестве углерода в агрегатах следует связать с ней.

В южном черноземе наблюдается иная картина: максимум азота отмечен в частицах <0.25 мм, кроме того, есть локальный максимум в агрегатах 2–1 мм. Минимум содержания азота отмечен в глыбистых частицах >10 мм. В противоположность южным черноземам в других рассматриваемых опытах с ПП в частицах <0.25 мм наблюдалось минимальное количество азота. Возможно, это связано с большим сроком применения ПП в южных черноземах. При введении ПП растительные остатки не заделываются в почву, а оставляются в стерне. В связи с этим в первые годы в агроценозах наблюдается дефицит азота, однако со временем система приходит в равновесие, наблюдается накопление азота [8]. Возможно, накопление азота связано с медленным микробным разложением стерни, она переходит в детрит и попа-

дает во фракцию <0.25 мм, что и наблюдается в ПП южного чернозема.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Введение на черноземах в сельскохозяйственную практику ПП способствует значимому увеличению содержания углерода в агроценозе, а также вызывает перераспределение азота в структурных отдельностях в зависимости от их размера.

В типичных черноземах наблюдалось увеличение содержания азота в агрономически ценных агрегатах (0.25–10 мм), в обыкновенных черноземах – во фракциях 2–0.25 мм, а в южных – во фракциях <0.25 и 2–1 мм. Общее содержание азота в почвах под ПП не отличалось от контрольных (пахотных) вариантов.

В обыкновенных черноземах после пяти лет ПП отмечено значимое перераспределение содержания углерода в зависимости от размеров структурных отдельностей, максимумы содержания углерода наблюдались в тех же размерных фракциях, что и азота (2–0.25), что, вероятно, указывает на связанность этих процессов.

Во всех рассмотренных черноземах введение ПП способствовало накоплению ОВ. Полученные данные на примере обыкновенного чернозема демонстрируют, что в некоторых ценозах содержание и свойства ОВ в структурных отдельностях разных размеров может отличаться. Так как во всех ценозах наблюдается накопление углерода, можно предположить, что эти различия объясняются разной скоростью этого процесса в размерных фракциях структурных отдельностей.

Следует заметить, что общее содержание азота в черноземах не отличалось в варианте ПП и пахотном контроле к нему. При этом в ПП всех рассмотренных почв содержание азота зависело от размеров агрегатов. Таким образом, при отсутствии механического разрушения агрегатов азот в них накапливается по-разному. Так как накопление этого элемента связано в первую очередь с биологической активностью, очевидно, она зависит от размеров структурных отдельностей, которые формируют среду обитания для ее носителей, в первую очередь окислительно-восстановительные условия. Изменение биологической активности, в свою очередь, не может не сказаться на трансформации ОВ. Различия в трансформации на уровне агрегатов обуславливают зависимость содержания углерода от размера структурных отдельностей, что отмечено в обыкновенном черноземе, и, вероятно, будет наблюдаться через несколько лет в типичном. По-видимому, сходные взаимосвязи будут при любой агротехнике, не разрушающей агрегаты.

Таким образом, внедрение ПП существенно изменяет режимы накопления и разложения ОБ и биологическую активность в черноземах.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 19-16-00053 (анализ образцов), Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 19-016-00078 (отбор образцов), а также с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием “Функции и свойства почв и почвенного покрова” Почвенного института им. В.В. Докучаева.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аллен Х.П. Прямой посев и минимальная обработка почвы. М.: Агропромиздат, 1985. 207 с.
2. Белобров В.П., Юдин С.А., Ярославцева Н.В., Юдина А.В., Дридигер В.К., Стукалов Р.С., Клюев Н.Н., Замотаев И.В., Ермолаев Н.Р., Иванов А.Л., Холодов В.А. Изменение физических свойств черноземов при прямом посеве // Почвоведение. 2020. № 7. С. 880–890. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20070023>
3. Беляева О.Н. Система No-till и ее влияние на доступность азота почв и удобрений: обобщение опыта // Земледелие. 2013. № 7. С. 16–18.
4. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
5. Дридигер В.К., Кулинец В.В., Стукалов Р.С., Гаджиумаров Р.Г. Динамика изменения агрофизических свойств почвы при возделывании полевых культур по технологии No-till // Изв. Оренбургского гос. аграрного ун-та. 2018. № 5(73). С. 35–38.
6. Дридигер В.К., Невечеря А.В., Таран Г., Шаповалова Н.В. Ипатовский опыт возделывания полевых культур без обработки почвы (No-till) // АгроСнабФорум. 2017. № 3(151). С. 35–40.
7. Дубовик Е.В., Дубовик Д.В. Взаимосвязь содержания углерода органических соединений и структурного состояния чернозема типичного // Почвоведение. 2019. № 2. С. 171–183.
8. Завалин А.А., Дридигер В.К., Белобров В.П., Юдин С.А. Азот в черноземах при традиционной технологии обработки и прямом посеве (обзор) // Почвоведение. 2018. № 12. С. 1506–1516.
9. Замотаев И.В., Белобров В.П., Курбатова А.Н., Белоброва Д.В. Агрогенная и постагрогенная трансформация почв Львовского района Курской области // Бюл. Почв. ин-та им. Докучаева. 2016. № 85. С. 97–144.
10. Кирюшин В.И., Кирюшин С.В. Агротехнологии. СПб.: Лань, 2015. 464 с.
11. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.
12. Козут Б.М., Сысуев С.А., Холодов В.А. Водопрочность и лабильные гумусовые вещества типичного чернозема при разном землепользовании // Почвоведение. 2012. № 5. С. 555–561.
13. Пансю М., Готеру Ж. Анализ почвы. Справочник. Минералогические, органические и неорганические методы анализа: / Пер. под ред. Д.А. Панкратова. СПб.: ЦОП Профессия, 2014. 800 с.
14. Почвоведение. Почвы и почвообразование // Под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. М.: Высшая школа, 1988. Ч. 1. 400 с.
15. Прожорина Т.И., Затулей Е.Д. Лабораторный практикум. Химический анализ почв. Воронеж: Воронежский гос. ун-т, 2008. Ч. 1. 32 с.
16. Хайдапова Д.Д., Честнова В.В., Шейн Е.В., Милановский Е.Ю. Реологические свойства черноземов типичных (Курская область) при различном землепользовании // Почвоведение. 2016. № 8. С. 955–963.
17. Хан Д.В. Органо-минеральные соединения и структура почвы. М.: Наука, 1969. 140 с.
18. Холодов В.А., Ярославцева Н.В., Лазарев В.И., Фрид А.С. Интерпретация данных агрегатного состава типичных черноземов разного вида использования методами кластерного анализа и главных компонент // Почвоведение. 2016. № 9. С. 1093–1100.
19. Холодов В.А., Ярославцева Н.В., Фарходов Ю.Р., Белобров В.П., Юдин С.А., Айдиев А.Я., Лазарев В.И., Фрид А.С. Изменение соотношения фракций агрегатов в гумусовых горизонтах черноземов в различных условиях землепользования // Почвоведение. 2019. № 2. С. 184–193.
20. Шинкарев А.А., Перепелкина Е.Б. Содержание и состав гумусовых веществ в водопрочных агрегатах темно-серой лесной почвы // Почвоведение. 1997. № 2. С. 165–172.
21. Юдин С.А., Белобров В.П., Дридигер В.К., Гребенников А.М., Айдиев А.Я., Ильин Б.С., Ермолаев Н.Р. К вопросу о методике проведения многолетних опытов по изучению влияния технологии прямого посева на свойства почв // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2019. Вып. 98. С. 132–152.
22. ISO 10694:1995 Soil quality – Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis).
23. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014, International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. FAO. World Soil Resources Reports. 2014. V. 106. 203 p.
24. Montgomery D.R. Soil erosion and agricultural sustainability // Proc Natl. Acad. Sci. USA. 2007. V. 104(33). P. 13268–13272.
25. Six J., Bossuyt H., Degryze S., DeNef K. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics // Soil and Tillage Research. 2004. V. 79. P. 7–31.
26. Six J., Elliott E., Paustian K. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems // Soil Sci. Soc. Am. J. 1999. V. 63. P. 1350–1358.
27. Tisdall J.M., Oades J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils // J. Soil Sci. 1982. V. 62. P. 141–163.

Influence of No-Till System on the Distribution of Organic Carbon and Nitrogen by Aggregate-Size Fractions in Typical, Ordinary, and Southern Chernozems

V. A. Kholodov^{1,*}, V. P. Belobrov¹, N. V. Yaroslavtseva¹, M. A. Yashin¹, S. A. Yudin¹, N. R. Ermolaev¹,
V. K. Dridiger², B. S. Ilyin³, and V. I. Lazarev³

¹*Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, 190171 Russia*

²*North-Caucasus Federal Agrarian Science Center, Mikhailovsk, 356241 Russia*

³*Kursk Federal Agrarian Science Center, Cheremushki, 305526 Russia*

*e-mail: vkholod@mail.ru

The accumulation and distribution of organic carbon and nitrogen in the aggregates of Chernozems (Haplic Chernozems (Loamic, Aric, Pachic), Endocalcic Chernozems (Loamic, Pachic), and Endocalcic Chernozems (Loamic, Aric, Pachic)) during the transition from conventional farming to no-till farming were evaluated. For this purpose, the contents of organic carbon and nitrogen were determined in aggregate-size fractions >10, 10–2, 2–1, 1–0.25, and <0.25 mm. In all no-till Chernozems, the carbon content was higher compared to the Chernozems under conventional system. The dependence of the carbon content on the size of the aggregates was determined for Endocalcic Chernozem (Loamic, Pachic) under no-till system. The total nitrogen content in the soils under no-till system did not differ from the control (conventional system). At the same time, the dependence of the nitrogen content on aggregate size was clearly pronounced in the soils under no-till farming and absent in the soils under conventional farming. In Haplic Chernozems, the higher nitrogen content was found in all agronomically valuable aggregate fractions (10–0.25 mm); in Endocalcic Chernozems (Loamic, Pachic), in fractions 2–0.25 mm; and in Endocalcic Chernozems (Loamic, Aric, Pachic), in fractions <0.25 mm and 2–1 mm. The application of no-till farming system significantly changes transformation patterns of soil organic matter and the biological activity in Chernozems.

Keywords: soil organic matter, soil structure, Chernozems, no-till, dry sieving, carbon recovery, carbon sequestration